

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 3 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 1
Application Number:

[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 1]

願 人 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
Applicant(s):

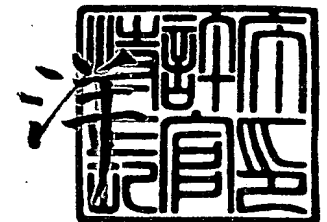
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 4 年 1 2 月 1 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



ADAMS & WILKS

ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW

50 BROADWAY

31st FLOOR

NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS
VAN C. WILKS

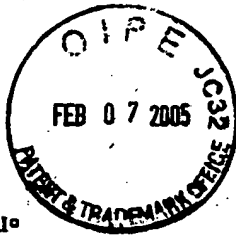
JOHN R. BENEFIEL

PAUL R. HOFFMAN

TAKESHI NISHIDA

FRANCO S. DE LIQUORI

• NOT ADMITTED IN NEW YORK
• REGISTERED PATENT AGENT



RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704

JANUARY 28, 2005

COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Tatsuya ADACHI et al.

Serial No. 10/644,696

Filing Date: August 20, 2003

Examiner: Nikita Wells

Group Art Unit: 2881

Docket No. S004-5096

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Japanese Patent Appln. No. 2002-254881 | filed August 30, 2002 |
| 2. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 3. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 4. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 5. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 6. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 7. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 8. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 9. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 10. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 11. Japanese Patent Appln. No. | filed |

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

DEBRA BUONINCONTRI

Name

Debra Buonincontri

Signature

FEBRUARY 4, 2005

Date

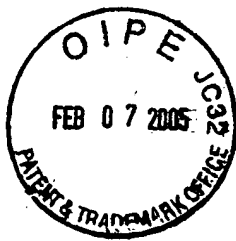
BLA: db
Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

By:

Bruce L. Adams
Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386



PART B - FEE(S) TRANSMITTAL
PAGE 2

ADDITIONAL ATTACHMENTS

TRANSMITTAL LETTER (WITH MAILING CERTIFICATE) and
CERTIFIED COPY OF JAPANESE PATENT APPLN. NO.
2002-254881

【書類名】 特許願

【整理番号】 02000678

【提出日】 平成14年 8月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/768

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 足立 達哉

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 藤井 利昭

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 澤良木 宏

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 杉山 安彦

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 試料作製装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 元試料が固定される試料ステージと、

前記試料ステージに固定された前記元試料の特定箇所から垂直方向から収束イオンビームを照射する集束イオンビーム照射系と、

前記試料ステージの斜め上方に位置し、所定の観察用試料ホルダーが前記垂直方向に対して斜め方向に挿入されるとともに、該挿入された観察用試料ホルダーを前記斜め方向に移動可能に支持するサイドエントリーステージとを有し、

前記サイドエントリーステージに支持された前記所定の観察用試料ホルダーの先端部に前記元試料の特定箇所から取り出された試料片が固定されることを特徴とする試料作製装置。

【請求項 2】 前記サイドエントリーステージは、前記所定の観察用試料ホルダーを、その先端部が前記試料ステージ上から前記元試料を取り除くことのできる空間に位置するように保持し、

前記試料片を前記元試料の特定箇所から取り出して前記サイドエントリーステージに保持された前記所定の観察用試料ホルダーの先端部に取り付けるマニピュレータをさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の試料作製装置。

【請求項 3】 前記所定の観察用試料ホルダーの先端部に取り付けられた前記試料片が、前記空間において前記集束イオンビーム照射系からのイオンビームで照射されることを特徴とする請求項 2 に記載の試料作製装置。

【請求項 4】 前記所定の観察用試料ホルダーは、先端に針を備えており、前記サイドエントリーステージは、前記所定の観察用試料ホルダーを 3 次元的に移動して前記針の先端を前記元試料の特定箇所に当接または近接させることを特徴とする請求項 1 に記載の試料作製装置。

【請求項 5】 前記所定の観察用試料ホルダーの針の先端に取り付けられた前記試料片が、前記集束イオンビーム照射系からのイオンビームで照射されることを特徴とする請求項 4 に記載の試料作製装置。

【請求項 6】 前記集束イオンビーム照射系は、第 1 および第 2 の照射系を

備えた鏡筒よりなり、該鏡筒が前記試料ステージを収容した試料室に取り付けられており、

前記試料室の外側で前記鏡筒に取り付けられた、前記所定の観察用試料ホルダーが挿入される鏡筒内エントリーステージをさらに有し、

前記第1の照射系は、前記試料ステージに固定された前記元試料の特定箇所によりオンビームを照射し、

前記第2の照射系は、前記鏡筒内エントリーステージから挿入された前記所定の観察用試料ホルダーの先端に固定された前記試料片によりオンビームを照射することを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の試料作製装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、集束イオンビーム（Focused Ion Beam：以下、単に「FIB」と記す。）を用いた微細加工を利用して、例えばウェーハから透過型電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope：以下、単に「TEM」と記す。）や走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：以下、単に「SEM」と記す。）などで断面観察するための試料片を作製する試料作製装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

元試料であるウェーハからTEM試料やSEM試料などの試料片を作製する装置としてFIB装置が知られている。図10に、従来のFIB装置の概略構成を示す。このFIB装置の主要部は、イオン源100、イオン光学系101、二次荷電粒子検出器102、ガス銃103、試料ホルダー104、試料ステージ105からなる。

【0003】

イオン源100は、例えばガリウム（Ga）に代表される液体金属イオン源である。イオン光学系101は、イオン源100からのイオンビームを集束するとともに試料106上で走査させるためのもので、コンデンサレンズ（静電レンズ）、ビームブランカ、可動絞り、8極スティグメータ、対物レンズ（静電レンズ）

）および走査電極などから構成されている。二次荷電粒子検出器 1 0 2 は、イオンビーム 1 0 0 a を試料 1 0 6 上で走査した際に発生する二次荷電粒子を検出するもので、この検出結果に基づいて画像処理を行うことにより走査イオン顕微鏡（Scanning Ion Microscope：以下、単に「S I M」と記す。）機能を提供する。

【 0 0 0 4 】

試料ステージ 1 0 5 は、5 軸制御が可能なステージである。5 軸制御では、X Y Z 方向への 3 次元的な移動、X Y 平面に垂直な軸周りの回転、チルトの制御が行われる。試料ホルダー 1 0 4 は、試料 1 0 6 を固定するためのもので、ベースと呼ばれる移動台（不図示）の上に載置されて試料ステージ 1 0 5 上へ搬入される。ガス銃 1 0 3 は、試料 1 0 6 の表面に、保護膜としてのデポジション膜を形成するためのガスを吹き付けるものである。

【 0 0 0 5 】

上記の F I B 装置を用いた試料作製手法には、基本的に次の 2 つの手法がある。一つは、ウェーハの一部をダイシングソーにより切り出して予備加工を施した小片試料を保持部材に固定し、これを試料 1 0 6 として試料ホルダー 1 0 4 に固定してイオンビーム 1 0 0 a で加工する方法である。もう一つは、ウェーハ自体を試料 1 0 6 として試料ホルダー 1 0 4 に固定し、試料ホルダー 1 0 4 の特定部位をイオンビーム 1 0 0 a で直接加工して試料片を取り出す、いわゆるピックアップ法（あるいはリフトアウト法）とよばれる手法である。後者の手法は、元試料であるウェーハを割らずに試料片（T E M 試料および S E M 試料）を作製することができるため、ウェーハを割って小片化する前者の手法に比べて、コスト面で有利な上、試料作製時間も短い、というメリットがある。

【 0 0 0 6 】

図 1 1 に、図 1 0 に示した F I B 装置を用いた、ピックアップ法による T E M 試料の一連の作製手順を模式的に示す。以下、図 1 0 および図 1 1 を参照して、T E M 試料の作製手順を説明する。

【 0 0 0 7 】

まず、試料ステージ 1 0 5 上に試料 1 0 6 であるウェーハを固定し、予め与え

られている特定部位の位置情報に基づいて、イオンビーム 100 a がその特定部位の近傍に照射されるように大よその位置合わせを行う。続いて、イオンビーム 100 a で欠損部位の近傍を走査し、この走査により得られる SIM 像を見ながら欠損部位の位置を特定する（位置出し）。位置出し後、ガス銃 103 によりウェーハの表面にデポジション用のガスを吹き付けるとともに、イオンビーム 100 a でウェーハの表面の、特定部位を含む所定の範囲を走査することでデポジション膜（保護膜）を形成する。このデポジション膜の形成は、一般にはイオンアシストデポジション（あるいはイオンビーム CVD (Chemical Vapor Deposition)）と呼ばれており、イオンビーム 100 a で照射した部分に選択的にデポジション膜を形成することができる。

【0008】

続いて、図 11 (a) に示すように、ウェーハの表面の特定部位近傍をイオンビーム 100 a で照射して大まかに加工し、さらに、その加工部分にイオンビーム 100 a を照射して仕上げ加工を行う。この加工では、イオンビーム 100 a は、ウェーハの表面に対して法線方向から照射されるので、イオンビーム 100 a が照射された領域は表面が除々に削れ、図 11 (b) に示すような断面 107 a を得る。断面 107 a 部を上部から見た厚さをどの程度まで薄くするかは試料の材質と使用する TEM の加速電圧によって異なる。例えば、Si 系半導体試料を加速電圧 200 kV の TEM で格子像の観察をする場合は 0.1 μ m 以下とする必要がある。また、TEM によるトモグラフィーで 3D 解析等を行う場合は、試料の厚みは 0.5 μ m 程度に仕上げる。

【0009】

断面 107 a 形成後、試料ステージ 105 のチルト角を制御することによりイオンビーム 100 a のウェーハへの入射角度を調節し、イオンビーム 100 a による加工により、断面 107 a が形成された部分の周りに図 11 (b) に示すような切り込み 107 b（図 11 (b) 中の破線で示している部分）を形成する。このとき上面側の一部は切り込みを入れずに残しておく。この切り込み 107 b に沿って取り出される部分が TEM 試料 107 である。

【0010】

TEM試料107の取り出しには、不図示のマニピュレータを使用する。TEM試料107の片側の断面107aに、ガラス材よりなるプローブ108の先端を近づける。プローブ108の先端が断面107aにある程度近づくと、図11(c)に示すように、静電気によって、TEM試料107がプローブ108の先端に吸着する。そして、先端にTEM試料107が吸着した状態のままプローブ108を、別に用意された固定台（不図示）上に移動し、先端に吸着したTEM試料107を固定台の所定部に固定する。このときの固定台へのTEM試料107の固定には、デポジション処理や静電気を利用することができる。また、場合によっては、固定台に固定されたTEM試料107に対してイオンビーム100aで仕上げ加工を施すこともある。

【0011】

TEM観察を行う場合は、上述のようにしてTEM試料107が固定された固定台をFIB装置から取り出し、別に用意されたTEM試料ホルダーに取り付ける。そして、このTEM試料ホルダーをFIB装置とは別のTEM装置のエントリーステージに挿入し、そこで、TEM試料107の断面107aの観察を行う。

【0012】

以上説明したFIB装置を用いたTEM試料の作製では、FIB装置外で、TEM試料107が固定された固定台をTEM試料ホルダーへ取り付けたり、また、TEM観察後、TEM試料を再加工する場合は、TEM試料が固定された固定台をTEM試料ホルダーから取り外し、再度、試料ホルダーに固定してFIB装置内の試料ステージ上に搬入したりする必要がある。これは非常に作業性が悪い。

【0013】

そこで、最近では、TEM試料などの試料片の作製およびその作製した試料片の観察用試料ホルダー（TEM試料ホルダーなど）への固定をFIB装置内で一連の作業としてできるようにしたものが提案されている。その一例として、特開2000-155081号公報に記載されたような試料作製装置がある。図12に、その試料作製装置の概略構成を示す。

【0014】

図12に示す試料作製装置は、真空ポンプ200により内部の排気が行われる試料処理室201に、FIB照射光学系202、二次電子検出器203、デポジション用ガス源204、試料移動機構206、試料片プローブ移動機構209および観察用試料ホルダー移動機構211を設けたものである。

【0015】

試料移動機構206は、元試料5が載置されるものであって、FIB照射光学系202から照射されるFIBの元試料5に対する相対変位を与える。試料片プローブ移動機構209は試料片プローブホルダー208が取り付けられるものであって、取り付けられた試料片プローブホルダー208を3次元的に移動することが可能である。観察用試料ホルダー移動機構211は、観察用試料ホルダー210が取り付けられるものであって、取り付けられた観察用試料ホルダー210を3次元的に移動することが可能である。これらの移動機構により、試料片プローブ208と観察用試料ホルダー210との間で試料片プローブ207の受け渡しが可能になっている。

【0016】

上記の試料作製装置では、元試料5であるウェーハの特定部位をFIB照射光学系202からのFIBで加工して片持ち状の試料片を形成し、この片持ち状の試料片の一部に、試料片プローブホルダー208に保持された試料片プローブ207の所定の部位を接触させて、デポジション処理により固定する。さらに、片持ち状の部分をFIB照射光学系202からのFIBによる加工で切り取り、試料片を元試料5から分離する。そして、分離した試料片が固定された試料片プローブ207を、試料片プローブホルダー208から観察用試料ホルダー210へ受け渡す。

【0017】

上記の他、特開2002-62226号公報に記載されているような、TEM試料ホルダーを取り付け可能なサイドエントリーステージを備えるFIB試料作製装置もある。図13に、そのFIB試料作製装置の概略構成を示す。

【0018】

図13に示すFIB試料作製装置は、不図示の排気ポンプにより排気が行われるFIB試料室302にイオンビーム照射系301、マニピュレータ305、サイドエントリーステージであるTEM試料ステージ306、およびウェーハ303が固定されるウェーハ用試料ステージ304を設けたものである。

【0019】

FIB試料室302の中央近傍がFIB加工処理位置になっており、イオンビーム照射系301は、その光軸（鏡筒の中心軸）がFIB試料室302の中央近傍を通るように配置されている。TEM試料ステージ306は、水平方向（矢印Bの方向）に移動が可能であるとともに、本FIB試料作製装置と別に用意されたTEM装置との間で共用に使用されるTEM試料ホルダーを挿入することができる。ウェーハ用試料ステージ304は、垂直方向、すなわちイオンビーム照射系301の光軸（鏡筒の中心軸）に沿った矢印Aの方向（Z方向）に上下移動する移動機構を備えている。

【0020】

上記のFIB試料作製装置では、まず、TEM試料ステージ306をFIB加工処理位置から十分に離れた位置まで後退させた後、ウェーハ303が載置されたウェーハ用試料ステージ304をFIB加工処理位置まで移動する。そして、ウェーハ303の特定部位をイオンビーム照射系301からのイオンビームで加工し、この加工部の一部をTEM試料片としてマニピュレータ305で取り出して保持する。

【0021】

続いて、図14に示すように、ウェーハ用試料ステージ304をFIB加工処理位置から十分に離れた位置まで後退させた後、TEM試料ホルダー311を取り付けたTEM試料ステージ306をFIB加工処理位置まで移動し、マニピュレータ305を用いて、先に保持したTEM試料片をTEM試料ホルダー311の所定部に固定する。そして、TEM試料ホルダー311に固定したTEM試料片にイオンビーム照射系301からのイオンビームを照射して仕上げ加工を行う。

【0022】

上述した F I B 試料作製装置によれば、ウェーハから T E M 試料片を作製する工程と、作製した試料片を T E M 試料ホルダーに固定する工程を F I B 試料室内で行うことができる。さらに、T E M 観察後に T E M 試料片を再加工する際には、T E M 試料ホルダーを再度、F I B 試料作製装置の T E M 試料ステージに取り付けるだけでよい。

【 0 0 2 3 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、図 1 0 に示した F I B 装置を用いた試料作製では、作業性が悪い、という問題がある。

【 0 0 2 4 】

特開 2 0 0 0 - 1 5 5 0 8 1 号公報に記載された試料作製装置においては、試料片の作製およびその作製した試料片の観察用試料ホルダーへの固定を F I B 装置内で一連の作業としてできるので、上記の作業性に関する問題を解消することができる。しかし、この場合は、以下のような問題がある。

【 0 0 2 5 】

F I B 装置では、その構成上、試料処理室 2 0 3 はあまり大きなものとすることはできないため、F I B 照射光学系 2 0 2、ガス源 2 0 4、検出器 2 0 3、試料移動機構 2 0 6、観察用試料ホルダー 2 1 0 および試料片プローブホルダー 2 0 8 は、試料処理室 2 0 3 の限られたスペースに近接して配置される。図 1 2 に示した構成では、観察用試料ホルダー 2 1 0 および試料片プローブホルダー 2 0 8 は、互いの先端が F I B 加工位置で交わるように水平方向に配置されており、このような配置では、各ホルダーと F I B 加工位置の下方に配置された試料移動機構 2 0 6 とが干渉する場合がある。

【 0 0 2 6 】

試料移動機構 2 0 6 を F I B 加工位置から十分に後退させることでホルダーとの干渉を避けることは可能であるが、限られたスペースに、後退させるための空間を確保することは非常に困難であり、現実的ではない。また、仮にそのような空間を確保できたとしても、その分、試料処理室 2 0 3 が大型化し、装置が大掛かりなものとなる。試料処理室 2 0 3 が大きくなると、試料室内を十分に排気す

ることができなくなる。さらに、試料移動機構 206 のストロークが長くなることから、振動による FIB 加工精度の低下が懸念される。

【0027】

特開 2002-62226 号公報に記載された FIB 試料作製装置においても、上述した作業性を解消することができるものの、以下のような問題がある。

【0028】

図 13 に示したように、ウェーハ用試料ステージ 104 と TEM 試料ステージ 106 は、互いが干渉しないように、それぞれ垂直方向、水平方向へ移動するようになっている。このような移動スペースを試料室の限られたスペースに確保することは困難であり、実現性に欠ける。また、移動スペースを設ける分だけ装置（試料室）が大型化し、大掛かりなものとなる。さらに、試料室が大きくなると、試料室内を十分に排気することができなくなる。

【0029】

また、ウェーハ用試料ステージ 104 を TEM 試料ステージ 106 と干渉しない位置まで移動するためには、ある程度のストローク長が必要とされる。ウェーハ用試料ステージ 104 のストロークが長くなると、FIB 加工時にウェーハ用試料ステージ 104 が振動し、FIB 加工精度が低下する。

【0030】

本発明の目的は、上記各問題を解決し、試料ステージと観察用試料ホルダー（サイドエントリーステージ）が干渉することのない、コンパクトな試料作製装置を提供することにある。

【0031】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の試料作製装置は、元試料が固定される試料ステージと、前記試料ステージに固定された前記元試料の特定箇所に垂直方向から収束イオンビームを照射する集束イオンビーム照射系と、前記試料ステージの斜め上方に位置し、所定の観察用試料ホルダーが前記垂直方向に対して斜め方向に挿入されるとともに、該挿入された観察用試料ホルダーを前記斜め方向に移動可能に支持するサイドエントリーステージとを有し、前記サイドエントリーステ

ージに支持された前記所定の観察用試料ホルダーの先端部に前記元試料の特定箇所から取り出された試料片が固定されることを特徴とする。この構成によれば、観察用試料ホルダーは、試料ステージの上方から斜めに挿入するように構成されているため、観察用試料ホルダーが水平方向に挿入される従来のものに比べて、観察用試料ホルダーと試料ステージとの干渉は生じ難い。

【 0 0 3 2 】

上記の場合、前記サイドエントリーステージは、前記所定の観察用試料ホルダーを、その先端部が前記試料ステージ上から前記元試料を取り除くことでできる空間に位置するように保持し、前記試料片を前記元試料の特定箇所から取り出して前記サイドエントリーステージに保持された前記所定の観察用試料ホルダーの先端部に取り付けるマニピュレータをさらに有してもよい。この構成によれば、元試料が固定された観察用試料ホルダーを試料ステージ上から取り去ることでできる空間を利用して、試料片を観察用試料ホルダーに固定するようになっているので、干渉防止のために試料ステージを F I B 加工処理位置から後退させなくてもよい。このように、本構成によれば、従来必要とされていた干渉防止のための試料ステージの移動スペース（後退用スペース）は必要とされないもので、その分、装置はコンパクトなものとなる。

【 0 0 3 3 】

さらに、前記所定の観察用試料ホルダーは、先端に針を備えており、前記サイドエントリーステージは、前記所定の観察用試料ホルダーを 3 次元的に移動して前記針の先端を前記元試料の特定箇所に当接または近接させるように構成されてもよい。この構成においても、従来のような干渉防止のための試料ステージの移動スペースは必要ないので、その分、装置をコンパクトなものとすることができる。加えて、マニピュレータが必要とされないもので、その分、コンパクト化、低コスト化の面で有利なものとなる。

【 0 0 3 4 】

上述した発明において、前記集束イオンビーム照射系は、第 1 および第 2 の照射系を備えた鏡筒よりなり、該鏡筒が前記試料ステージを収容した試料室に取り付けられており、前記試料室の外側で前記鏡筒に取り付けられた、前記所定の観

察用試料ホルダーが挿入される鏡筒内エントリーステージをさらに有し、前記第 1 の照射系は、前記試料ステージに固定された前記元試料の特定箇所にはイオンビームを照射し、前記第 2 の照射系は、前記鏡筒内エントリーステージから挿入された前記所定の観察用試料ホルダーの先端に固定された前記試料片にイオンビームを照射するように構成してもよい。この場合は、鏡筒内エントリーステージを用いることで、試料片の加工精度が向上する。

【0035】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0036】

（実施形態 1）

図 1 は、本発明の試料作製装置の第 1 の実施形態である F I B 装置の概略構成図である。この F I B 装置は、ピックアップ法を利用して元試料であるウェーハから T E M 試料や S E M 試料などの試料片を作製するものであって、不図示の真空排気ポンプにより内部の排気が行われる試料室 1 を備え、この試料室 1 に F I B 照射光学系 2、サイドエントリーステージ 3、マニピュレータ 4 および試料ステージ 6 が設けられている。この他、試料室 1 には、図 1 には示されていないが、ガス銃や二次荷電粒子検出器などの F I B 加工に必要な構成も設けられている。

【0037】

ウェーハである元試料 7 を固定する試料ホルダー 5 および試料ステージ 6 は、図 10 に示したものと同様のものである。F I B 照射光学系 2 は試料ステージ 6 の上方に位置しており、十分に集束したイオンビームで元試料 7 の特定箇所を走査することができる。F I B 照射光学系 2 としては、例えばガリウム（G a）代表される液体金属イオン源を備えるものがある。F I B 照射光学系 2 からのイオンビームにより加工処理やデポジション処理が行われる。

【0038】

マニピュレータ 4 は、プローブ 4 a と、このプローブ 4 a を 3 次元的に移動する移動機構 4 b からなる。移動機構 4 b には、ピックアップ法による試料片の取

り出しおよび固定ができるような微動機構も含まれている。サイドエントリーステージ 3 は、TEM 装置や SEM 装置に用いられる観察用試料ホルダー（不図示）が FIB 照射光学系 2 の光軸（垂直方向）に対して斜め方向から挿入されるとともに、その挿入された観察用試料ホルダーを 3 次元的に移動することができる。また、サイドエントリーステージ 3 は、周知のエアロック機構を備えた予備室を有し、試料室 1 内の真空状態を維持したまま、この予備室から観察用試料ホルダーの搬入出を行うことが可能である。

【0 0 3 9】

図 2 に、観察用試料ホルダーとして TEM 試料ホルダーをサイドエントリーステージ 3 に取り付けた状態を示す。図 2 において、TEM 試料ホルダー 3 a は、本 FIB 装置と TEM 装置との間で共用される棒状のホルダーであって、先端部 3 b に TEM 試料が固定されるようになっている。サイドエントリーステージ 3 は、TEM 試料ホルダー 3 a を挿入方向（図 2 中矢印 A）に移動（ストローク）させることができ、最大ストローク時に、先端部 3 b が FIB 加工処理位置にくるようになっている。

【0 0 4 0】

図 3（a）に、TEM 試料ホルダー 3 a の先端部 3 b の構造を示し、図 3（b）に、その先端部 3 b に設けられる、TEM 試料を保持するための保持部の構造を示す。TEM 試料ホルダー 3 a は、図 3 中矢印 a 1、a 2 の方向に回動可能にサイドエントリーステージ 3 に支持される。先端部 3 b は、TEM 試料ホルダー 3 a の長手方向に垂直な方向から見て凹状に切り欠かれており、この切り欠かれた部分に、TEM 試料を固定するための保持部 3 1 が着脱自在に設けられている。

【0 0 4 1】

保持部 3 1 は、回動軸 3 2 を中心に回動する半円状のものであって、TEM 試料が固定される載置凹部 3 4 を備え、円弧部が摺動板 3 3 に当接するように設けられている。摺動板 3 3 は、TEM 試料ホルダー 3 a の長手方向に沿って図 3 中矢印 c 1、c 2 の方向に摺動可能に設けられており、摺動板 3 3 を矢印 c 1、c 2 の方向に摺動させることで、保持部 3 1 を図 3 中矢印 b 1、b 2 の方向に回動

することができる。

【0042】

次に、本実施形態のFIB装置を用いた試料片の作製手順について具体的に説明する。ここでは、TEM試料の作製手順を例に挙げて具体的に説明する。

【0043】

まず、前述の図11の(a)および(b)に示した手順に従って、元試料7であるウェーハの特定箇所にFIB照射光学系2からのイオンビームを垂直方向から照射して加工し、図4(a)に示すような、断面17aおよび切り込み17bが形成されたTEM試料17を形成する。そして、図4(b)に示すように、マニピュレータ4を用いて、プローブ4aの先端をTEM試料17の断面17aへ当接または近接し、TEM試料17をプローブ4aの先端に静電気により固定して元試料7から分離する。

【0044】

続いて、TEM試料17が先端に固定されたプローブ4aをFIB加工処理位置から後退させて、元試料7が固定された試料ホルダー5を試料ステージ6上から取り去った後、図2に示したように、TEM試料ホルダー3aをサイドエントリーステージ3に取り付ける。そして、サイドエントリーステージ3において、TEM試料ホルダー3aの先端部3bがFIB加工処理位置にくるようにストロークさせるとともに、マニピュレータ3を用いて、図5(a)に示すように、プローブ4aの先端に固定されたTEM試料17の底部を保持部31の載置凹部34に当接する。この当接に際しては、保持部31の載置凹部34の面が水平方向と平行なるように予め摺動板33により調節しておく。

【0045】

上記のように当接した状態で、TEM試料17の底部と載置凹部34との当接部分にデポジション用のガスを噴きつけ、さらにその部分をFIB照射光学系2からのFIBで照射することで、図5(b)に示すように、選択的にデポジション膜35を形成する。このデポジション膜35によってTEM試料17が載置凹部34に固定され、TEM試料17をプローブ4aから分離することができる。載置凹部34へのTEM試料17の固定に静電気を利用してもよい。

【0046】

最後に、プローブ 4 a から分離され、載置凹部 3 4 に固定された TEM 試料 1 7 の両断面 1 7 a に対して FIB 照射光学系 2 からの FIB による最終仕上げ加工を施して観察用断面を得る。

【0047】

TEM 観察を行う際は、TEM 試料ホルダー 3 a をサイドエントリーステージ 3 から取り外して TEM 装置のエントリーステージに取り付ける。そして、TEM 装置内で TEM 試料 1 7 の観察用断面を電子ビームで走査することで TEM 像を得る。

【0048】

TEM 観察後、TEM 試料 1 7 を再加工する場合は、TEM 試料ホルダー 3 a を再びサイドエントリーステージ 3 に取り付ければよい。

【0049】

以上説明した本実施形態の試料作製装置によれば、サイドエントリーステージ 3 は、観察用試料ホルダーである TEM 試料ホルダー 3 a を水平方向ではなく、試料ステージ 6 の斜め上方から挿入するように構成されているため、観察用試料ホルダーを水平方向に挿入する従来のタイプと比べて、TEM 試料ホルダー 3 a が試料ステージ 6 と干渉し難い構造になっている。また、試料ステージ 6 を試料ホルダー 5 が設けられた位置とは反対の方向にチルトさせることで、試料ステージ 6 と試料ホルダー 5 の干渉をより確実に防止することができる。

【0050】

また、元試料 7 が固定された試料ホルダー 5 (図 2 の破線で示した部分) を試料ステージ 6 上から取り去ることでできる空間を利用して、TEM 試料 1 7 を TEM 試料ホルダー 3 a の先端部 3 b に固定するようになっているので、試料ステージ 6 を FIB 加工処理位置から後退させなくてもよい。このように、本実施形態によれば、従来必要とされていた干渉防止のための試料ステージ 6 の移動スペース、すなわち試料ステージ 6 を FIB 加工処理位置から後退させるためのスペースは必要とされないため、その分、装置をコンパクトなものとすることができる。

【0051】

さらに、本実施形態では、保持部 31 は、TEM 試料ホルダー 3a に着脱自在に設けられているので、TEM 観察後は、保持部 31 を新しいものに交換することで TEM 試料ホルダー 3a を再利用することができる。

【0052】

なお、本実施形態のものでは、TEM 試料 17 は TEM 試料ホルダー 3a の先端部 3b に設けられた保持部 31 に固定されるようになっているが、これに限定されるものではなく、その構造は適宜変更可能である。例えば、図 6 に示すような、先端部 3b' に水平方向に平行な固定面 31' を備えた TEM 試料ホルダーを用い、TEM 試料 17 を固定面 31' に直接固定するようにしてもよい。

【0053】

以上は、TEM 試料の作製を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、SEM 試料の作製においても同様な構造を適用することができる。SEM 試料を作製する場合は、TEM 試料ホルダーに代えて SEM 装置と本 FIB 装置との間で共用される SEM 試料ホルダーが用いられる。SEM 試料ホルダーは、元試料 7 から取り出される SEM 試料を固定するように構成されている以外は、基本的には TEM 試料ホルダーと同様な構造である。SEM 試料は、TEM 試料 17 の片面を観察用断面とするものである。

【0054】**(実施形態 2)**

上述した第 1 の実施形態では、マニピュレータを用いて元試料であるウェーハから試料片（TEM 試料や SEM 試料）を取り出すようになっているが、マニピュレータを用いずに、観察用試料ホルダー自体で試料片を取り出すことも可能である。ここでは、観察用試料ホルダー自体による試料片の取り出しが可能な形態について説明する。

【0055】

図 7 は、本発明の試料作製装置の第 2 の実施形態である FIB 装置の概略構成図である。この FIB 装置は、図 1 に示した構成において、マニピュレータをなくし、サイドエントリーステージ 3 に、先端部に針 41 が着脱自在に設けられた

TEM試料ホルダー40が取り付けられるように構成したものである。図7中、図1に示したものと同一のものには同じ符号を付している。

【0056】

針41は、先端が細くなっており、先端とは反対の端部がTEM試料ホルダー40に固定されている。TEM試料ホルダー40は、本FIB装置とTEM装置との間で共用することができる。サイドエントリーステージ3は、TEM試料ホルダー40を3次元的に移動することができる機構を備えている。この移動機構には、針41の先端を元試料7の特定箇所に対接または近接することが可能な微動機構も含まれる。

【0057】

次に、本FIB装置を用いたTEM試料の作製手順について説明する。

【0058】

まず、第1の実施形態の場合と同様にして、図4(a)に示したTEM試料17を形成した後、TEM試料ホルダー40をサイドエントリーステージ3に取り付ける。続いて、サイドエントリーステージ3にて、TEM試料ホルダー40を3次元的に移動制御することで、図8(a)に示すように、針41の先端をTEM試料17の断面に対接する。針41の先端の対接位置は、後述する最終仕上げ加工を妨げないような位置、例えば、TEM試料ホルダー40の断面の角部とする。

【0059】

上記のようにして対接した状態で、対接部分にデポジション用のガスを噴きつけ、さらにその部分をFIB照射光学系2からのFIBで照射することで、図8(b)に示すように、選択的にデポジション膜45を形成する。このデポジション膜45によってTEM試料17が針41の先端に固定され、TEM試料17を試料であるウェーハから分離することができる。針41の先端へのTEM試料17の固定に、静電気を利用してもよい。最後に、針41に固定されたTEM試料17の両断面に、FIB照射光学系2からのFIBによる最終仕上げ加工を施して観察用断面を得る。

【0060】

TEM観察を行う際は、TEM試料ホルダー40をサイドエントリーステージ3から取り外してTEM装置のエントリーステージに取り付ける。そして、TEM装置内でTEM試料17の観察用断面を電子ビームで走査することでTEM像を得る。

【0061】

TEM観察後、TEM試料17を再加工する場合は、TEM試料ホルダー40を再びサイドエントリーステージ3に取り付けられよい。

【0062】

本実施形態のFIB装置においても、上述した第1の実施形態の場合と同様、観察用試料ホルダーであるTEM試料ホルダー40は試料ステージ6の上方から斜めに挿入されるようになっているので、観察用試料ホルダーを水平方向に挿入する従来のタイプと比べて、TEM試料ホルダー40と試料ステージ6が干渉し難い構造になっている。

【0063】

また、従来のような干渉防止のための試料ステージの移動スペースは必要ないので、その分、装置をコンパクトなものとすることができる。

【0064】

さらに、本実施形態では、針41は取り替え可能であるため、針41を新しいものに交換することでTEM試料ホルダー40を再利用することができる。

【0065】

また、本実施形態では、マニピュレータが必要とされない所以、その分、上述した第1の実施形態のものと比べて、コンパクト化、低コスト化の面で有利なものとなる。

【0066】

以上、TEM試料の作製を例に説明したが、本実施形態の構成も、第1の実施形態の場合と同様、SEM試料の作製に適用することができる。

【0067】

(実施形態3)

図9は、本発明の試料作製装置の第3の実施形態であるFIB装置の概略構成

図である。このFIB装置は、図1に示した構成において、FIB照射光学系2に代えて、鏡筒内サイドエントリーステージ21を備えるFIB照射光学系20を設けた以外は、前述した第1の実施形態のFIB装置と同様のものである。

【0068】

FIB照射光学系20は、図1に示したFIB照射光学系2と同様、試料ステージ6上に試料ホルダー5を介して載置される元試料7の特定箇所をイオンビームで照射することができるように試料室1に取り付けられており、試料室1の外側において、鏡筒の所定の箇所に、鏡筒内サイドエントリーステージ21が取り付けられている。鏡筒内サイドエントリーステージ21は、前述の第1の実施形態で説明したTEM試料ホルダーやSEM試料ホルダーよりなる観察用試料ホルダー22を取り付けることができ、その取り付けた観察用試料ホルダー22を3次元的に移動することができる。

【0069】

また、FIB照射光学系20は、不図示のイオン源（例えばGaイオン源）から引き出されたイオンビーム20aの進行方向に、偏向系23および対物レンズ（静電レンズ）24からなる第1のFIB照射部と、偏向系25および対物レンズ（静電レンズ）26からなる第2のFIB照射部とが順次配置された構造になっている。第1のFIB照射部は、鏡筒内サイドエントリーステージ21から挿入された観察用試料ホルダー22の先端部に固定された試料片をイオンビーム20aで加工するためのものである。第2のFIB照射部は、試料ステージ6上の元試料7の特定箇所をイオンビーム20aで加工したり、サイドエントリーステージ3から挿入された観察用試料ホルダー22の先端に固定された試料片をイオンビーム20aで加工したりするためのものである。

【0070】

本実施形態のFIB装置では、第2のFIB照射部を用いて、試料ステージ6上の元試料7の特定部位を加工して試料片を作製し、その作製した試料片をサイドエントリーステージ3から挿入された観察用試料ホルダー22の先端に固定する。さらに、観察用試料ホルダー22の先端に固定された試料片に、第2のFIB照射部を用いて最終仕上げ加工を施す。この試料片の作製、固定および最終仕

上げ加工は、前述した第1の実施形態の場合と同様である。

【0071】

試料片を観察（例えばTEM観察やSEM観察）する場合は、観察用試料ホルダー22を本FIB装置から取り外して別に用意された観察装置（TEM装置やSEM装置）のエントリーステージに挿入し、そこで観察用試料ホルダー22の先端に固定された試料片を観察する。

【0072】

観察後、試料片を再加工する場合は、観察用試料ホルダー22を観察装置から取り外して本FIB装置の鏡筒内サイドエントリーステージ21に挿入し、第1のFIB照射部を用いて、観察用試料ホルダー22の先端に固定された試料片に再加工を施す。

【0073】

上述した本実施形態のFIB装置の構成は、前述した第2の実施形態のFIB装置にも適用することができる。

【0074】

本実施形態のFIB装置によれば、前述した第1および第2の実施形態の場合に比べて、鏡筒内サイドエントリーステージ21を設けたことで加工の自由度および精度が向上する。その理由は、鏡筒内サイドエントリーステージを用いた場合、TEM試料をより対物レンズに近づけた配置となるため、サイドエントリーステージに比べて分解能が高くなるためである。また、鏡筒内サイドエントリーステージにおける観察用試料ホルダーのストローク長は、サイドエントリーステージにおけるそれより短いことから、振動および剛性の面で有利となる点も挙げられる。さらにまた、図3に示したようなチルト機構を有する保持部を持たない既存の観察用試料ホルダーを利用する場合、サイドエントリーステージでTEM試料片を加工するよりも、鏡筒内サイドエントリーステージでTEM試料片を加工する方が、加工精度が高くなる点も挙げられる。

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、従来のものと比べて、試料ステージと

観察用試料ホルダーとの干渉をより確実に防止することができ、装置をよりコンパクトなものにでき、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の試料作製装置の第 1 の実施形態である F I B 装置の概略構成を模式的に断面図である。

【図 2】

T E M 試料ホルダーをサイドエントリーステージに取り付けた状態を示す模式図である。

【図 3】

(a) は、T E M 試料ホルダーの先端部の構造の一例を模式的に示す断面図、(b) は、(a) に示す先端部に設けられる、T E M 試料を保持するための保持部の構造を模式的示す斜視図である。

【図 4】

(a) および (b) は、図 1 に示す F I B 装置において行われる T E M 試料作製手順を説明するための模式図である。

【図 5】

(a) および (b) は、図 1 に示す F I B 装置において行われる T E M 試料の固定手順を説明するための模式図である。

【図 6】

図 1 に示す装置に用いられる T E M 試料ホルダーの一例を示す模式図である。

【図 7】

本発明の試料作製装置の第 2 の実施形態である F I B 装置の概略構成を模式的に断面図である。

【図 8】

(a) および (b) は、図 7 に示す F I B 装置において行われる T E M 試料の固定手順を説明するための模式図である。

【図 9】

本発明の試料作製装置の第 3 の実施形態である F I B 装置の概略構成を模式的

に断面図である。

【図 1 0】

従来の F I B 装置の概略構成を模式的に示す模式図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示す F I B 装置を用いた、ピックアップ法による T E M 試料の一連の作製手順を示す模式図である。

【図 1 2】

特開 2 0 0 0 - 1 5 5 0 8 1 号公報に記載された試料作製装置の概略構成を示す断面図である。

【図 1 3】

特開 2 0 0 2 - 6 2 2 2 6 号公報に記載された F I B 試料作製装置の概略構成を示す断面図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示す F I B 試料作製装置における T E M 試料の固定動作を説明するための模式図である。

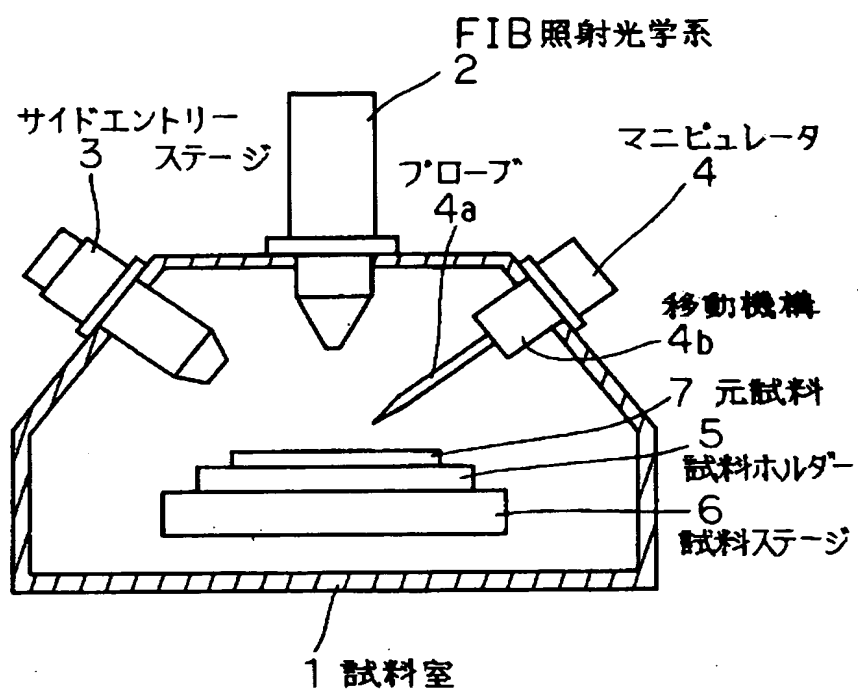
【符号の説明】

- 1 試料室
- 2、2 0 F I B 照射光学系
- 3 サイドエントリーステージ
- 3 a、4 0 T E M 試料ホルダー
- 3 b、3 b' 先端部
- 4 マニピュレータ
- 4 a プロープ
- 4 b 移動機構
- 5 試料ホルダー
- 6 試料ステージ
- 7 元試料
- 1 7 T E M 試料
- 1 7 a 断面

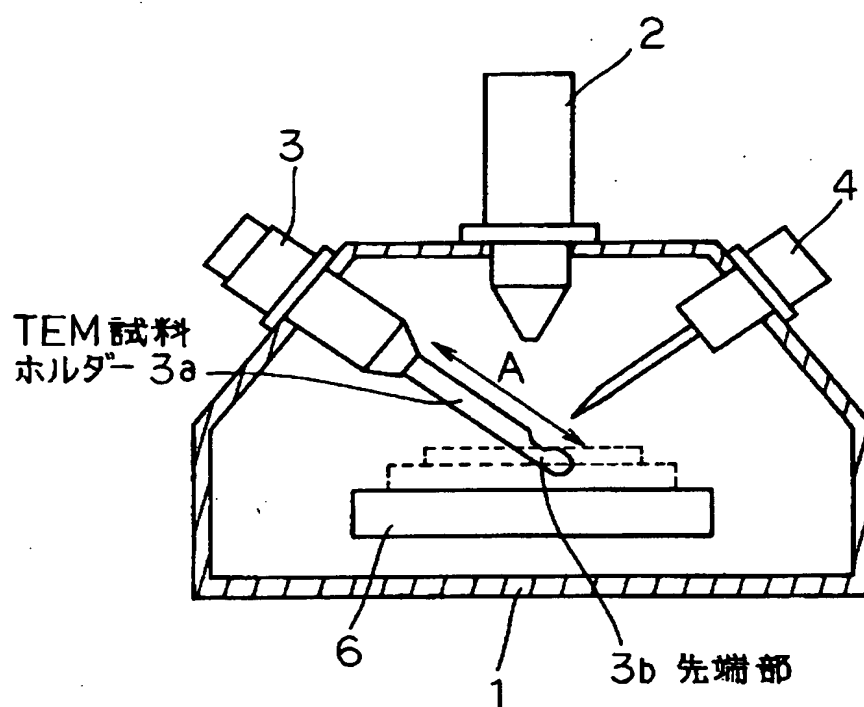
- 1 7 b 切り込み
- 2 0 a イオンビーム
- 2 1 鏡筒内サイドエントリーステージ
- 2 2 観察用試料ホルダー
- 2 3、2 5 偏向系
- 2 4、2 6 対物レンズ
- 3 1 保持部
- 3 1' 固定面
- 3 2 回動軸
- 3 3 摺動板
- 3 4 載置凹部
- 3 5、4 5 デポジション膜
- 4 1 針

【書類名】 図面

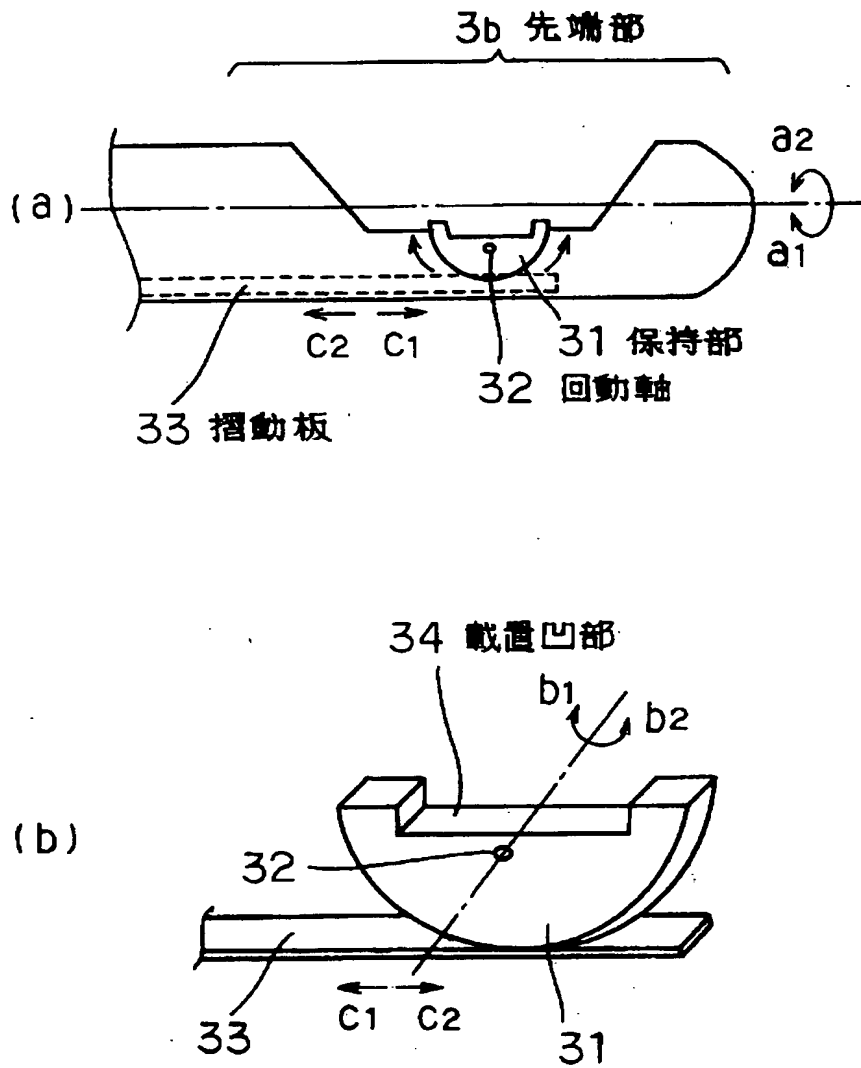
【図 1】



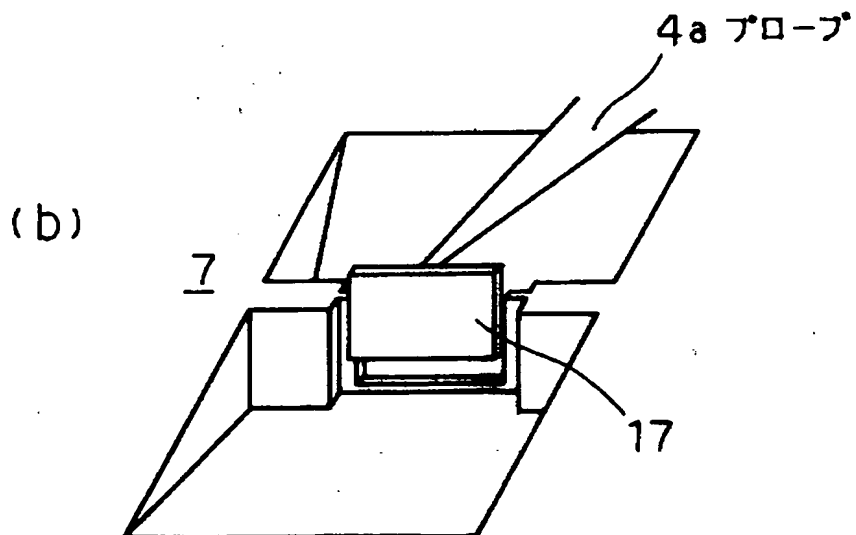
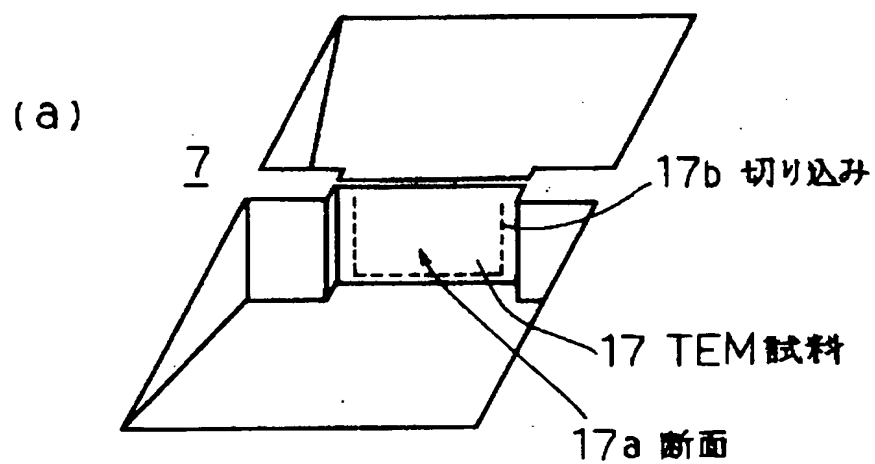
【図 2】



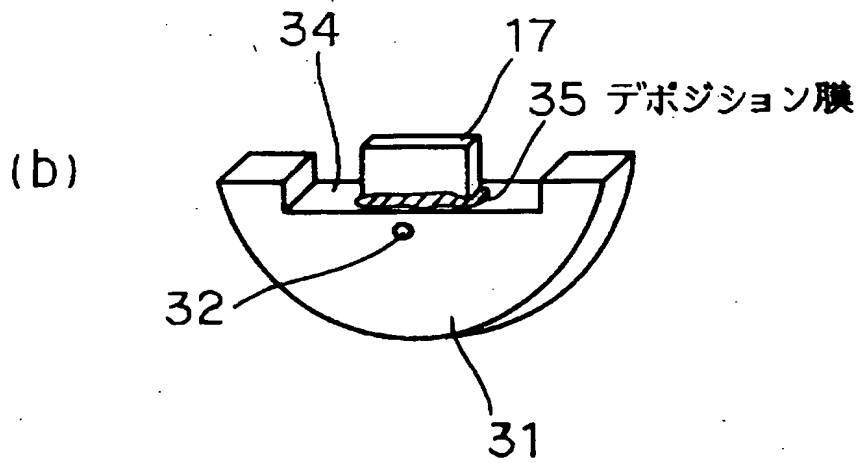
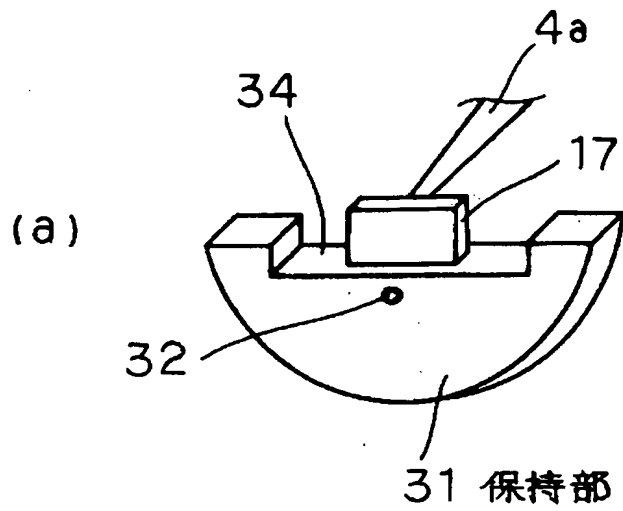
【図 3】



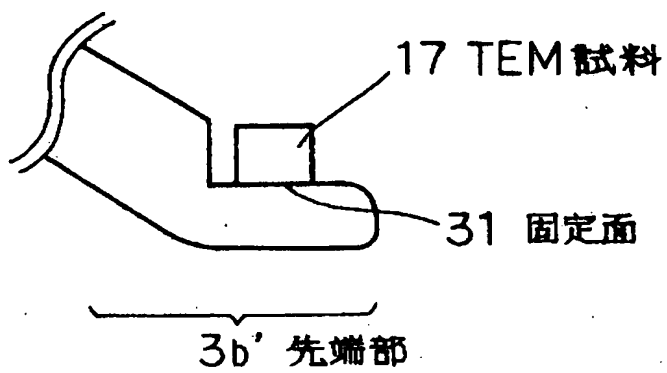
【図 4】



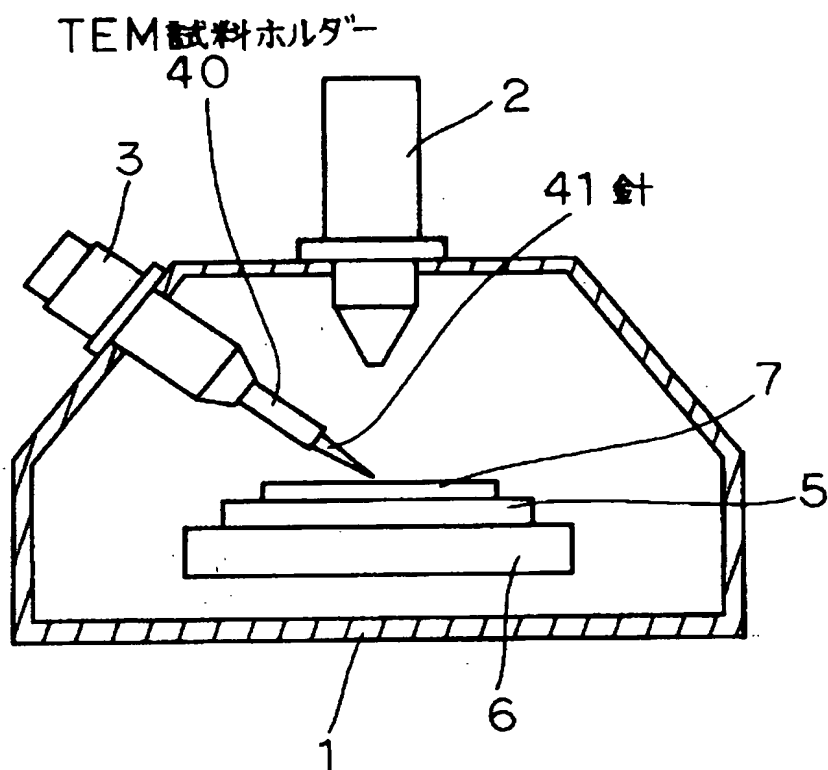
【図 5】



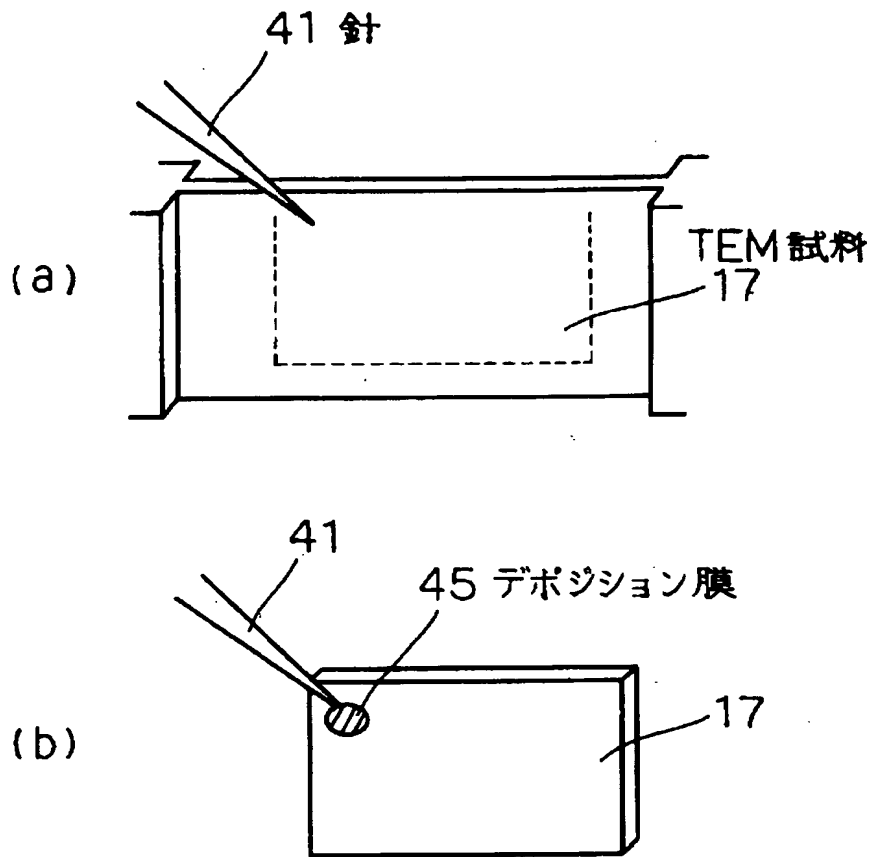
【図 6】



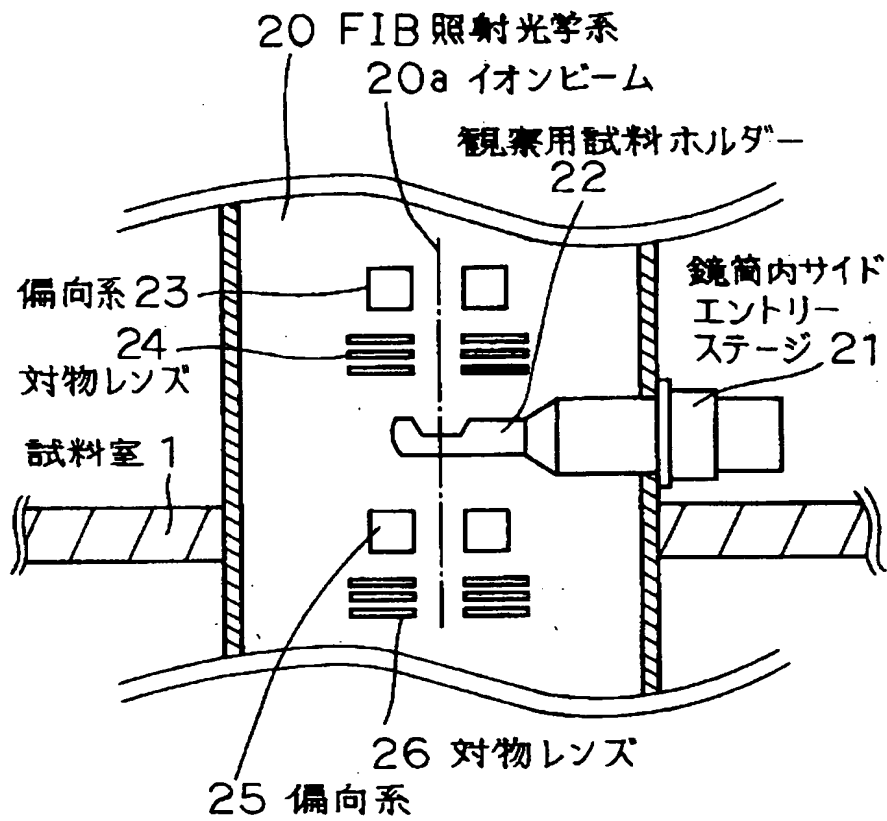
【図 7】



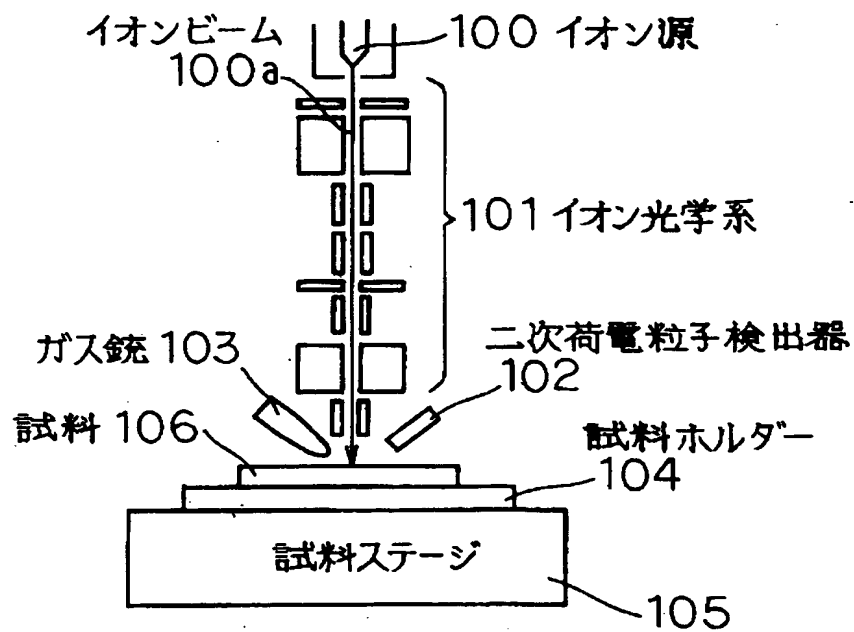
【図 8】



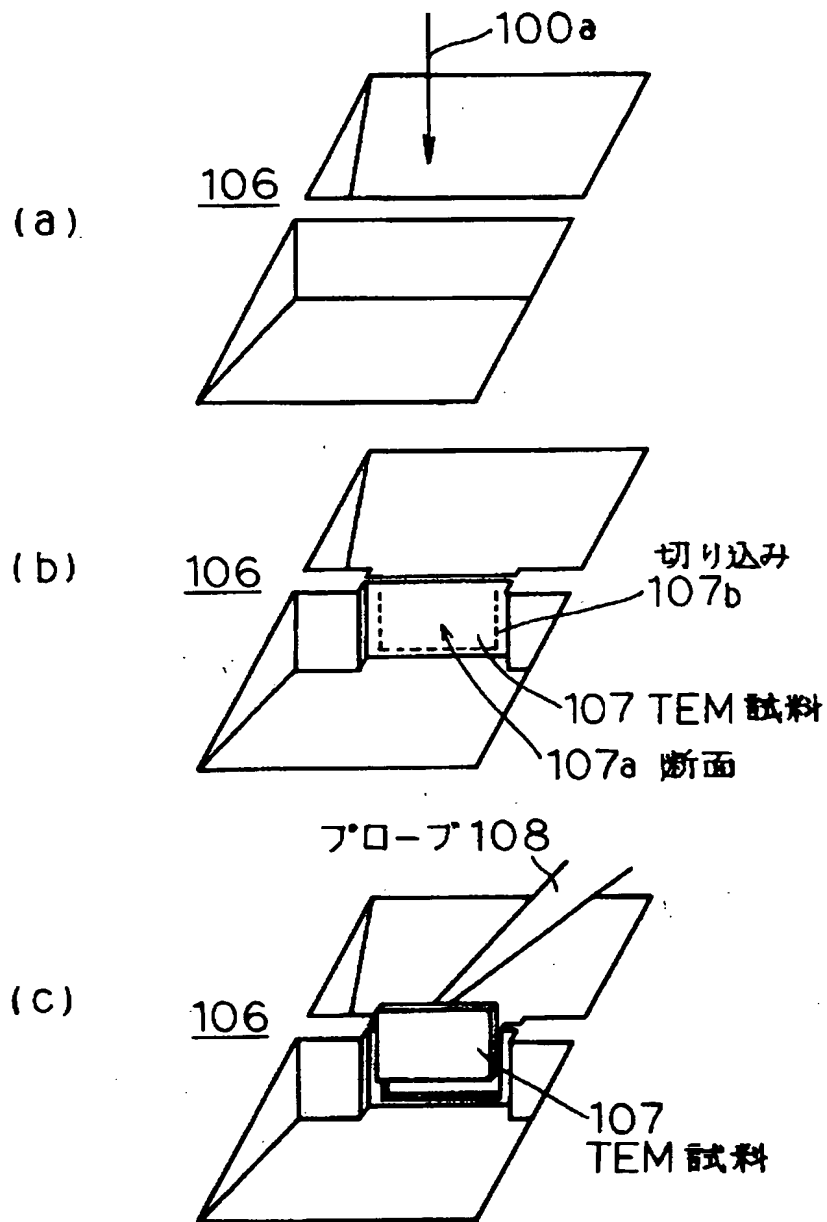
【図 9】



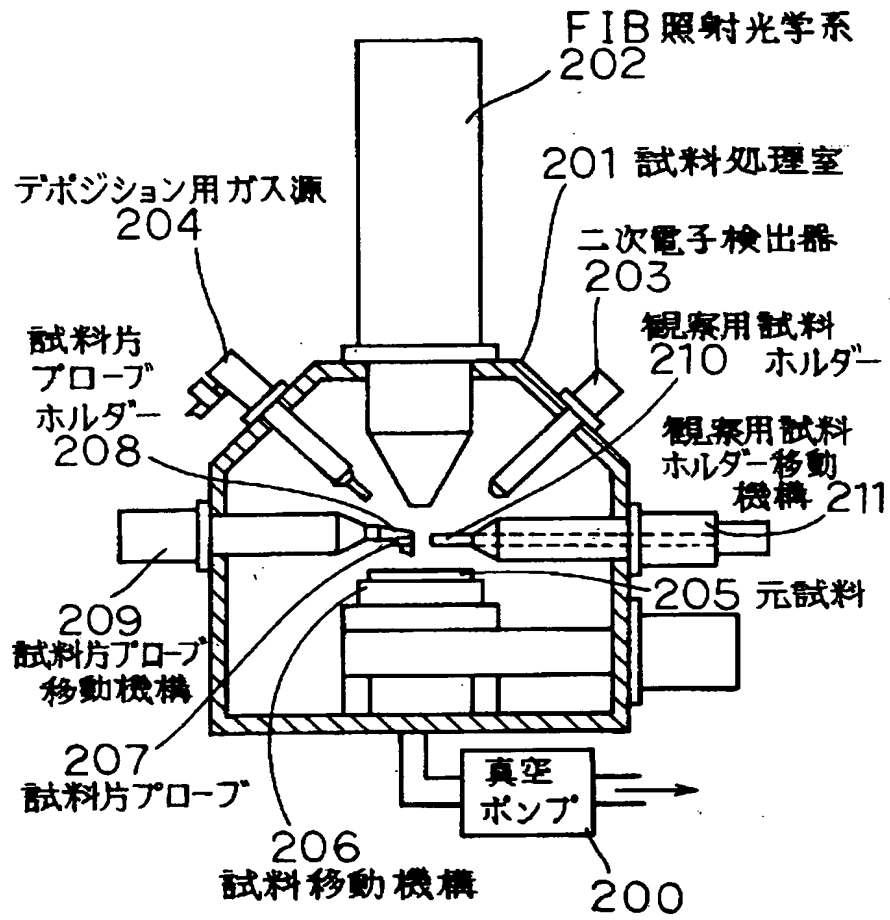
【図 10】



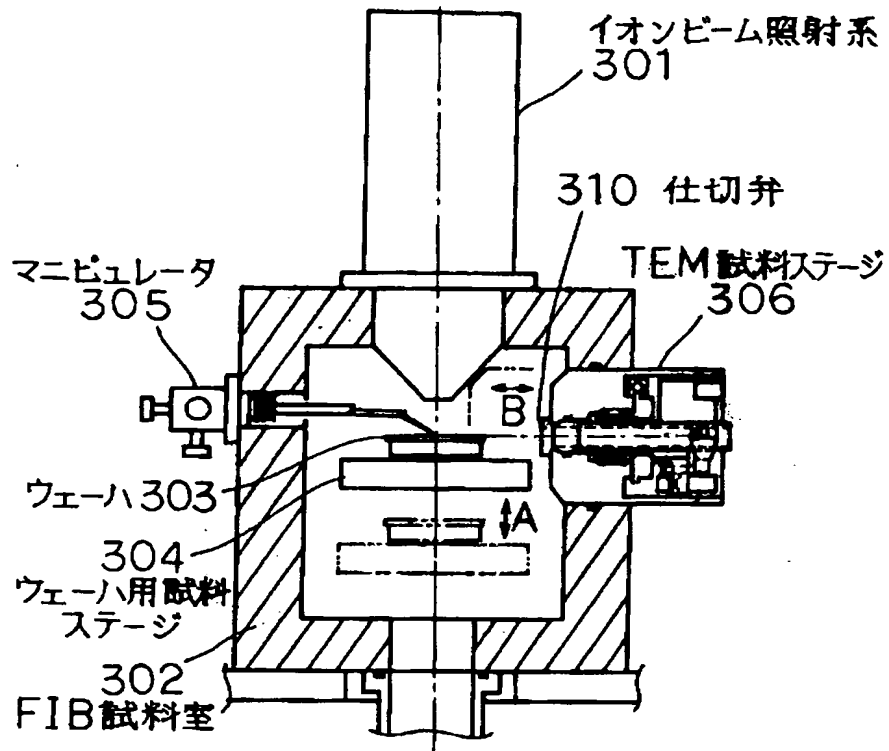
【図 11】



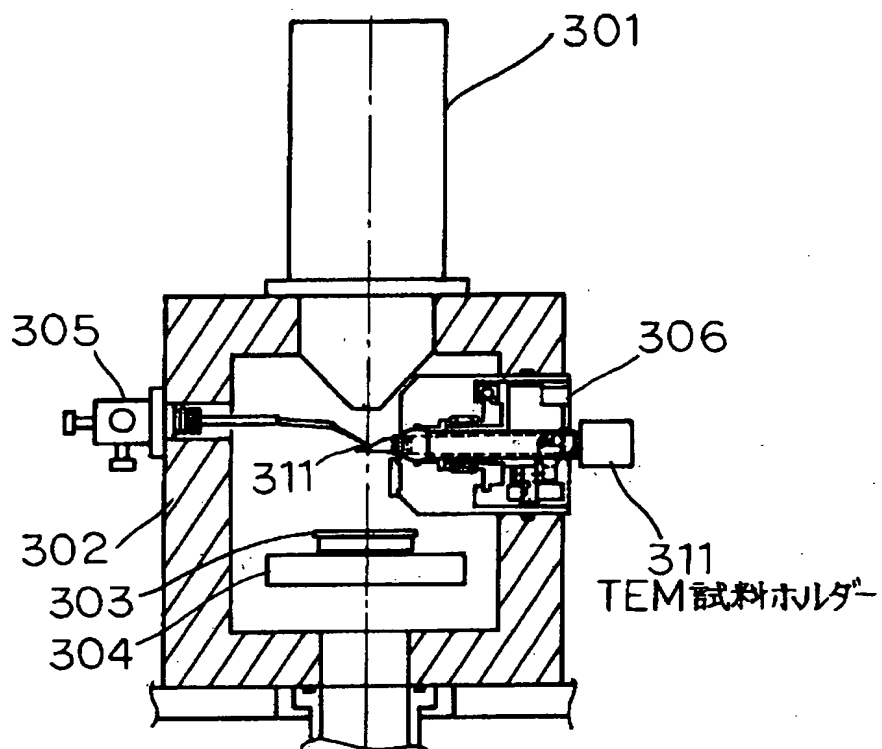
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料ステージと観察用試料ホルダーが干渉することのない、コンパクトな試料作製装置を提供する。

【解決手段】 元試料 7 が固定される試料ステージ 6 と、元試料 7 の特定箇所から垂直方向から収束イオンビームを照射する集束イオンビーム照射系 2 と、試料ステージ 6 の斜め上方に位置し、所定の観察用試料ホルダーが上記垂直方向に対して斜め方向に挿入されるとともに、該挿入された観察用試料ホルダーを上記斜め方向に移動可能に支持するサイドエントリーステージ 3 とを有する。サイドエントリーステージ 3 に支持された観察用試料ホルダーの先端部に元試料 7 の特定箇所から取り出された試料片が固定される。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【整理番号】 02000678
【提出日】 平成16年 5月26日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2002-254881
【承継人】
 【識別番号】 503460323
 【氏名又は名称】 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
 【代表者】 船本 宏幸
【承継人代理人】
 【識別番号】 100079212
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 松下 義治
【提出物件の目録】
 【包括委任状番号】 0401441
 【物件名】 承継人であることを証する書面 2
 【援用の表示】 承継人であることを証する書面（承継証明書）は同日付提出の平成5年特許願第040318号の出願人名義変更届（手続補足書）に添付されたものを、登記簿謄本は平成16年1月20日付提出の平成10年074663号の出願人名義変更届（手続補足書）に添付のものを援用致します。

特願 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 2 5]

- | | |
|----------|-----------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 7 年 7 月 2 3 日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 |
| 氏 名 | セイコーインスツルメンツ株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 4 年 9 月 1 0 日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 |
| 氏 名 | セイコーインスツル株式会社 |

特願 2 0 0 2 - 2 5 4 8 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 0 3 4 6 0 3 2 3]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日
[変更理由]	新規登録
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
氏 名	エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社